

## 多通道 SAR 影像中道路的探测

张广伟<sup>1</sup>, 余海坤<sup>2</sup><sup>(1)</sup>中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008; <sup>(2)</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039

**摘要** 提出了一种探测多通道 SAR 影像中道路的新方案。首先阐述了从边缘探测器中建构线状探测器。然后, 介绍了应用到 SAR 影像中的多参数统计假设检验方法。利用传统的亮线提取过程对初期结果进行了矢量化。实验表明: 该方法应用到全极化 SAR 影像中的道路的提取中效果较好。

**关键词** SAR 影像 道路 边缘探测 多参数

**中图分类号**: P231.1

**文献标识码**: B

**文章编号**: 1672-4097(2006)03-0023-03

## 1 引言

由于 SAR 影像具备不依赖气候和光照条件, 以及对可见光和红外传感器能够进行很好的补充等特点, 近些年已经得到越来越多的应用。特别是近几年, 随着遥感领域高分辨率和多极化 SAR 系统数量的不断增多, 提出了对解译这类图像的自动化水平的要求。一般来讲, 噪声以各种形式存在于图像中, 传统的图像处理算法由于斑点噪声的干扰而不能很好的用于 SAR 影像的处理。考虑斑点噪声特性的 SAR 影像处理方法, 自从 80 年代就发展起来了。目前的方法主要集中于多视、单极化、单频图像的探测。现有的机载 SAR 系统和未来的星载 SAR 系统都将能够获取包含更多信息的多通道 SAR 数据, 例如全极化, 多频段的数据。

本文中, 我们提出了一种在多通道 SAR 影像中提取道路的新方案。主要分成如下几个部分: 首先, 第一部分讲把一个基于多参数的线状地物探测器应用到图像中, 第二和第三部分分别阐述相关算子。然后, 将初期的结果应用第四部分的传统线状地物提取方法, 转化为矢量对象。第五部分, 通过一幅全极化 SAR 影像中提取道路的实验验证了这种方法的效果。

## 2 道路边缘探测

## 2.1 在单极化 SAR 影像中的应用

斑点噪声的存在使使用简单的象素级滤波模板方法不太适合于 SAR 影像的道路边缘探测, 而普遍被采纳的解决办法是考虑每个象素的更大邻域范围, 用来确定边缘是否通过那个象素。

上述方法的主要原理如图 1 所示, 图(a)中使用了如下规律: 图像被一系列邻近的矩形框沿每个象素, 以局部测量的方式进行扫描, 这两个矩形框对

两个窗口中的象素的统计功能不同, 目的在于显示图像中两窗口对应的真正边缘。这就能够给出边缘的一个可能的方向。进一步将矩形框以当前象素为中心进行旋转就能够确定沿其它方向的边缘存在性。本文试验了具有代表性的 8 个方向, 其中<sup>[5]</sup>保持了最大响应。大多数现有方法应用到单通道多视亮度图像, 用<sup>[5]</sup>中不同的比较标准得到的结果也不尽相同。其中比较著名的是比值探测器, 它考虑了两个矩形框间亮度的平均比值。

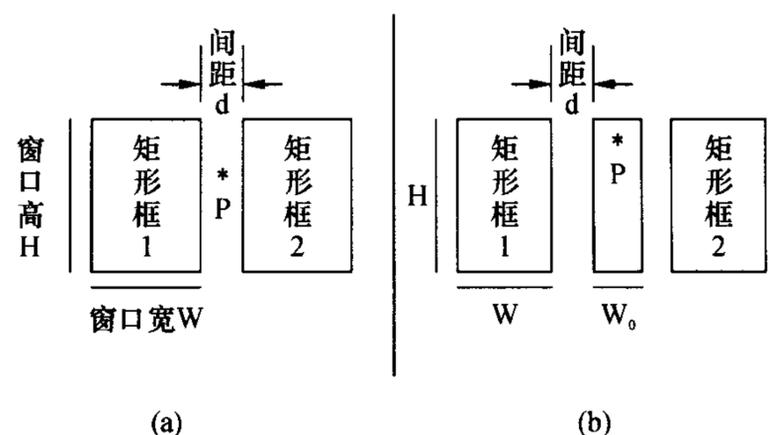


图 1 SAR 影像中探测道路边缘的主要原理

## 2.2 在极化 SAR 影像中的应用

一幅极化 SAR 影像提供了图像中每个象元的后向散射系数矩阵的测量值, 例如每个象元都可以被三种极化方式[HH, HV 和 VV]中的每种极化值所表征。在多通道影像中探测道路边缘的一种方法是融合现有探测器在单通道图像中的探测结果。另一种选择是使用多参数统计方法, 这种方法是把各单通道获取的信息作为单独的输入矢量进行混合处理。

图 2 给出了两种能够用于探测多通道 SAR 影像中道路边缘的方法。为了能够探测全极化 SAR 影像, 单视 SAR 影像和亮度 SAR 影像, 我们介绍了一种 Hotellings-T<sup>2</sup> 假设统计检验方法。在本文中其定义如公式(1)所示:

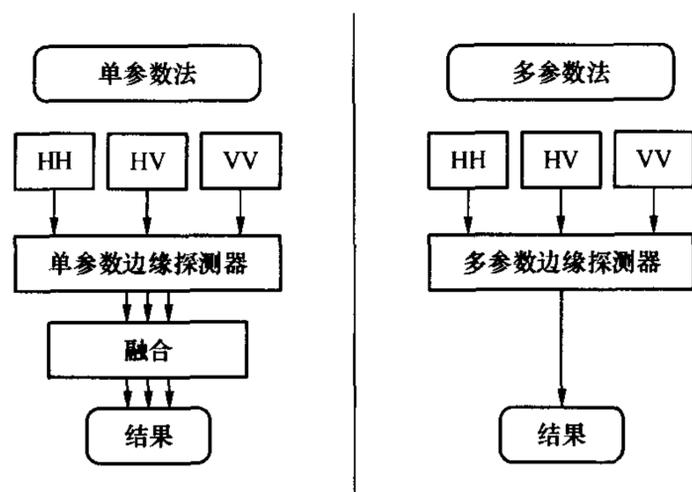


图 2 极化 SAR(影像)的边缘探测

$$T^2 = \frac{n_1 n_2 (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)' C^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{n_1 + n_2} \quad (1)$$

其中,  $n_1$  和  $n_2$  是观测的次数,  $\bar{X}_1$ 、 $\bar{X}_2$  分别是两个扫描矩形框的平均观测向量。C 是用 pooled 法计算出的协方差阵。根据等价 P 均值的零假设我们有:

$$T_F = \frac{(n_1 + n_2 - p - 1) T^2}{(n_1 + n_2 - 2) p} \sim F(p, n_1 + n_2 - p - 1) \quad (2)$$

$p$ : 影像的数量,  $F$ : Fisher - Sendecor 分布。多参数方法得到的提取结果要好于单参数<sup>[1]</sup>融合的输出结果。原因是多参数方法使用数据列的协方差阵, 因此不仅考虑了亮度也考虑了不同数据通道间的相互关系。

### 3 线路探测器

为了(处理)SAR 影像在<sup>[10,11]</sup>中, 本文提出了一种从边缘探测器建构线路探测器的方法。这种方法使用三个矩形框。中间一个位于当前点的中心位置, 比其它两个矩形框要窄[见图 1(b)]。为了探测某条道路在给定的方向上是否通过 P 点, 可以将两边的两个矩形框的统计值与中间的相比较, 探测器响应对应最小统计差异时的响应。这样可以避免由于单一边缘造成的虚警。选择出中心矩形框的宽度就能探测出道路所大致对应的宽度。我们应用这种方法从多参数边缘探测器中建构了一种线路探测器。

在 SAR 影像中, 常常需要去预测是否一个给定对象表现为明或暗的线段。其中的道路总是表现为黑色线段, 因为它们的表面与雷达波长相比非常光滑。这种情况下, 就可以把多余的条件用到线路探测算法中。条件主要是基于中心矩形框的平均影像亮度  $A_{R_0}$  和两边两矩形框的  $A_{R_1}$ 、 $A_{R_2}$  的比较。黑色线路探测器的响应是:

$$F_T = \begin{cases} \min(F_{R_0, R_1}, F_{R_0, R_2}) & \text{if } (A_{R_0} < A_{R_1}) \text{ and } (A_{R_0} < A_{R_2}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

这里  $F_{R_0, R_i}$  是  $R_0$  和  $R_i$  之间边缘探测器的响应。

### 4 后处理

通常, 正交于局部特征的某方向的非最值抑制提供了一个用于连接形成矢量表达象素宽度。从显示的 SAR 算子的输出结果, 可以清晰的看到亮线, 但这种算法提供了多种响应, 因为线段不是光滑的。

目前已经提出了一些解决这些问题的后处理方法。在这种交互处理中, 我们提出应用传统线路探测方法, 像梯度线状探测算子进行探测算子的输出。GLD 梯度线状探测算子包括三个模块: 一个线路算子, 一个最大值附加值和一线段流。线路算子研究了指向一条线段每一边相反方向的亮度梯度的情况, 它有两个参数: 探测线段色彩的亮暗度和高斯平滑指数  $\sigma$ 。因此, 在图像中首先应用高斯梯度; 然后, 在每个像元中计算出局部领域中每个相反象对的高斯梯度值, 并获得线段长度最大值。第二个模块是正交于某线段的非最大值抑制。最后, 是线段流, 它有 3 个参数: 每条线段的阈值上限, 线段得以连接的阈值下限及线段长度阈值。图 3 显示了整个过程。

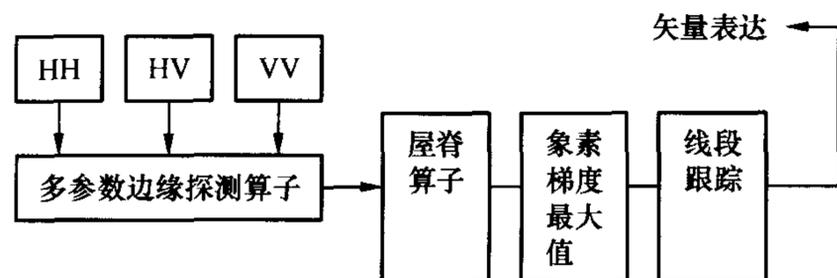


图 3 多通道 SAR 影像线状地物边缘提取方案

### 5 结果和讨论

将本文提出的道路边缘探测方案应用到全极化机载 SAR 图像(PI-SAR X-波段图像), 并在图中搜索了黑色线状结构。所应用的线路探测算子的参数如下:  $W_0 = 2$ ,  $W = 10$ ,  $H = 30$ ,  $d = 2, 16$ , [扫描窗口的方向]。

图像的探测结果: 一幅 PI-SAR X-波段 VV 极化方法得到的矢量结果和由多参数方法得到的结果分别显示。GLD 使用:  $\sigma = 1, \mu = 10, l = 1, s = 70$ 。我们的方法在一个多参数方法中使用了三种极化方式, 而 Tupin's 方法只使用了道路可视化效果最好的一种 VV 极化方式。对每种算法, 都对可能影响结果的参数进行了设置。因此, 可以作出以下结论: 两种方法都产生了亮度居民区的虚警。本文的方法探测到一些森林阴影, 可用于道路的辅助探测。在不引入太多虚警的情况下, 本文方法探测出了更多道路。Tupin 方法包括线路探测的第一步, (下转第 30 页)

是否正确,或修改公式使其结果能让 Excel 接受。

#### 4 结 语

沉降水准测量的图表多且各次内容重复,用 Excel 来制作图表模板后进行各次资料整理,不仅速度快、资料美观,而且准确性得到了有效的保证。

在海堤加固增高的过程中,定期、定量、快速的测量工作提供了确切的变化数据,这些数据有助于我们及时发现海堤的危机状态,从而采取相应的措施。本次监测工作中所采用的数据资料分析方法,

实践证明能提高效率 30%—50%,对动态监测海堤安全起到了十分重要的作用,可在类似的监测工作中予以借鉴。

#### 参考文献

- 1 GB 12898—91.《国家三、四等水准测量规范》[S]
- 2 JTJ 061—99.《建筑变形测量规程》[S]
- 3 李青岳.《工程测量学》[M].北京:测绘出版社,1984
- 4 刘旭春.高精度数字水准仪在沉降监测中的应用[J].测绘通报,2006,(1):60—61

### The Application of Excel in the Settlement Monitoring of Dike 18 of the Dead Sea in Jordan

Guo Jiandong, Wang Hongguang

(Jiansu Institute of Surveying and Mapping of Geology, Nanjing, Jiangsu 210008)

**Abstract** According to an example of the settlement monitoring project of Dike 18 in the south area of the Dead Sea in Jordan, the article has summarized the method and experience of arranging the data in the project mentioned above by using Microsoft Excel abroad. And it also introduced the meaning of lots of sheet more particularly. The method and ways can be a reference in same other relevant settlement monitoring project.

**Key words** Settlement Monitoring, Dike, Excel, Data Arranging

(上接第 24 页)

该算法能将线性分割之间小的豁口连接起来。这可以从图像中上部的河上看起来,它的结果使河越过了桥,而我们的方法把河路连了起来并一直延伸到右端。而 Tupin 方法没有探测出桥附近的路。为了提高本文方法探测的结果,今后应该把更好的方法应用到后处理过程。这是一个需要深入研究的课题。特别是将我们的方法和基于 MRF 的方法结合,但是要适用于多通道数据,还需要作进一步研究。

**致 谢** 感谢 DLR 为本文提供了试验图像。

#### 参考文献

- 1 D. Borghys. Interpretation and Registration of High—Resolution Polarimetric SAR Images. PhD thesis, ENST E 031, Paris, Nov 2001

- 2 F. Dell'Acqua, P. Gamba, and G. Lisini. Extraction and Fusion of Street network from fine resolution SAR data. In IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium, volume 1, pages 89—91, Toronto (Canada), June 2002
- 3 F. Tupin, B. Houshmand, and M. Datcu. Road detection in dense urban areas using SAR imagery and the usefulness of multiple views. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 40(11): 2405—2414, November 2002
- 4 D. Borghys, C. Perneel, and M. Acheroy. Contour detection in high—resolution polarimetric sar images. In SPIE Conference on SAR Image Analysis, Modelling and Techniques III; Barcelona, sept 2000
- 5 R. Fj 'ortoft. Segmentation d'images radar par detection de contour. PhD thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, March 1999

### Detection of Roads in Multi—Channel SAR images

Zhang Guangwei<sup>1</sup>, Yu Haikun<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> School of Environmental and Spatial Informatics, CUMT, Xuzhou, Jiangsu 221008;

<sup>2</sup> Chinese Academy of Surveying & Mapping, Beijing, 100039)

**Abstract** A new scheme for detecting roads in multi—channel SAR images is proposed in this paper. In first part, describing how the line detector is constructed from the edge detector. Then the multivariate statistical hypothesis tests is introduced to apply in SAR images. The primary result is vectorized using light line extracting. The test indicates that the method is better to been applied in extracting roads in full—polarimetric SAR image.

**Key words** SAR image, Road, Edge detector, Multivariate